

А. С. Осминкина, Е. Ю. Павлюк, А. В. Савкин

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

anestezia97@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРЕБРЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗНЫХ ФОРМ

В работе приведен сравнительный анализ оребренных поверхностей. Анализ выполнен при сравнении тепловых и гидравлических характеристик. Для проведения исследования использовались наиболее распространенные виды оребренных труб.

Ключевые слова: интенсификация, оребренная поверхность, анализ, тепловые и гидравлические характеристики.

A. S. Osminkina, E. Yu. Pavlyuk, A. V. Savkin

Ural Federal University, Ekaterinburg

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEAT AND HYDRAULIC CHARACTERISTICS FOR RIBBED SURFACE WITH DIFFERENT TYPES

Comparative analysis for different types of ribbed surface is presented. Analysis was made by comparison of heat and hydraulic characteristics. Some of the most common ribbed surfaces are observed.

Keywords: enhancement, analysis, ribbed surface, heat and hydraulic characteristics.

Теплообменные аппараты с развитой поверхностью теплообмена широко применяются во всех отраслях промышленности. Использование ребер позволяет значительно улучшить массовые и габаритные показатели по сравнению с теплообменниками с гладкими поверхностями.

Дополнительным условием для интенсификации теплообмена является разнообразие форм ребер. Срыв пограничного слоя, образование отрывных зон, турбулизация внешнего течения – все эти процессы связаны, как правило, с увеличением гидравлического сопротивления [1] и повышением мощности. Исходя из экспериментальных данных, известно, что при повышении эффективности теплообмена на 30–40 %, сопротивление увеличивается на 40–60 %. Можно сделать вывод, что практическую ценность и наибольший интерес представляют поверхности оребрения с высокой степенью интенсификации, но не приводящие к существенному росту значений гидравлического сопротивления.

Для сравнения оребренных трубных пучков выбраны гладкие пучки с таким же геометрическим расположением труб при равенстве исходных динамических и геометрических параметров. Рассмотрим шахматные пучки труб с оребрением разного вида, как представлено на рис. 1. Следует отметить, что для пучков 1-5 течение теплоносителя направлено вдоль трубной поверхности, а в пучках 6,7 используется поперечное обтекание пучков труб.

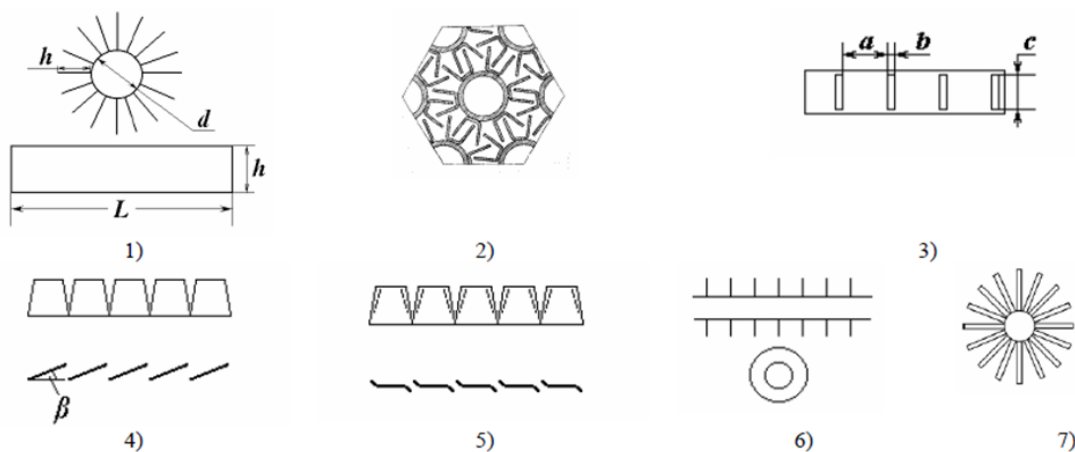


Рис. 1. Поверхности с различными типами оребрения [2]:

1 – продольным непрерывным оребрением; 2 – продольным непрерывным оребрением в тесных пучках; 3 – продольным оребрением с перфорацией; 4 – продольным разрезным оребрением с поворотом ребер на угол β относительно направления течения; 5 – продольным разрезным оребрением с отгибом кромок; 6 – поперечным непрерывным винтовым оребрением; 7 – поперечным лепестковым оребрением

Используя отношение коэффициентов теплоотдачи $\alpha/\alpha_{\text{гл}}$, которое для теплоносителей одного типа и одинакового значения эквивалентного диаметра межтрубного канала может быть представлено в виде $Nu/Nu_{\text{гл}}$ и коэффициентов гидравлического сопротивления $\zeta/\zeta_{\text{гл}}$ можно отдельно оценить тепловую эффективность оребренной поверхности при различном конструктивном ее исполнении, а также определить степень ухудшения ее гидравлических характеристик.

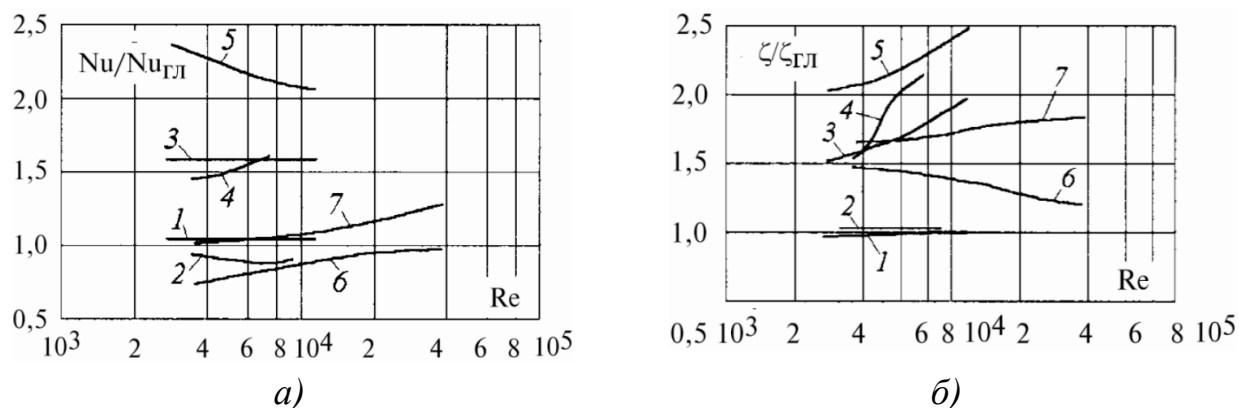


Рис. 2. Зависимость параметра $Nu/Nu_{\text{гл}}$ и $\zeta/\zeta_{\text{гл}}$ от числа Re для трубных пучков с различными типами оребрения

Из рис. 2а видно, что максимальная интенсификация теплообмена достигается при разрезке продольных ребер с отгибом кромок (кривая 5). Вместе с тем отгиб кромок приводит к большим значениям гидравлического сопротивления (рис. 2б).

Достаточно высокие коэффициенты теплоотдачи наблюдаются при разрезке продольных ребер с некоторым их поворотом относительно направления потока, а так же при перфорировании ребер (кривые 3, 4 на рис. 2а). Однако, продольное обтекание пучков при использовании такой геометрии ребра сопряжено с ощутимым увеличением гидравлического сопротивления (рис. 2б).

Анализ рисунка 2а и 2б позволяет сделать вывод, что коэффициенты теплоотдачи и гидравлического сопротивления для поверхности с непрерывным продольным оребрением близки к аналогичным величинам для гладких труб (кривые 1, 2) при увеличении площади поверхности теплоотдачи за счет оребрения в несколько раз.

Развитие поверхности за счет поперечного спирального оребрения приводит даже к некоторому снижению коэффициентов теплоотдачи, если сравнивать с гладкими трубами при поперечном их обтекании (кривая 6 на рис. 2а). При разрезке таких ребер происходит некоторая интенсификация теплоотдачи за счет срыва пограничного слоя на их поверхности (кривая 7 на рис. 2а), однако с ростом теплоотдачи возрастает и гидравлическое сопротивление поверхностей рассматриваемого типа (кривые 6, 7 на рис. 2б).

Можно сделать выводы, что применение непрерывного оребрения (тип 1, 2) не приводит к какой-либо интенсификации теплообменных процессов на их поверхности, однако и гидравлическое сопротивление пучков при этом практически не растет. Использование оребрения такого типа позволяет существенно улучшить габаритные и весовые показатели теплообменных устройств.

В трубных пучках с поперечным оребрением (тип 6,7) применение вместо непрерывных ребер лепесткового оребрения обеспечивает как увеличение общей площади поверхности, так и значительную интенсификацию теплообменных процессов на поверхности при умеренном росте гидравлического сопротивления. Использование поперечного разрезного оребрения наиболее эффективно для течений с малыми и средними скоростями – при больших числах Рейнольдса гидравлическое сопротивление пучков начинает возрастать.

Список использованных источников

1. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.
2. Горобец В. Г. Сравнительный анализ теплоотдачи и гидравлического сопротивления пучков труб с оребрением различного типа. Киев : Изд-во Института технической теплофизики НАН Украины, 2006. 5 с.